

ネットワーク外部性をもつ情報財供給における
無料公開行動の理論分析：
オープンソース・ソフトウェアはなぜ無料なのか

古 川 純 子

Economic Analysis of Free Provision of Information Goods with Network Externality: Why is Open-Source Software Provided for Free?—————

Since the 1990s, the so-called “Crowdsourcing” projects, such as Linux and Wikipedia, have provided information goods for free to an unspecified large number of people online. This work presents an analysis of the behaviors of individuals providing information goods without financial compensation despite their enormous labor input. This paper focuses on network externality that often accompanies intellectual assets using the uniform communication model of Rohlfs (1974), who postulates an economic theory of interdependent demand.

Because the demand for information goods with network externality is determined interdependently, it is necessary to reach critical mass- in terms of the number of users- for the community to achieve self-propelling growth. Free provision at starting up would thus be a necessary condition for a stable community building. Even if the motivations of the providers are ideal pursuit or needs for esteem and belonging, their rational actions to try to get market share are akin to profit-maximizing behavior.

はじめに

1990年代から、不特定多数の経済主体がインターネットを介してそれぞれの知識を用いて自発的に貢献し協働することで、情報や財をオープンな形で生産する創造的協働行動のメカニズムが出現し始めており、社会的にも大きな意味を持ち始めている。たとえば Linux や Wikipedia の開発である。

知識経済におけるこうした自発的協働行動の成果は、多くの場合、対価をとらずに無料公開される。生産者は多大な労働、すなわち時間と能力を投入しているにもかかわらず、自ら生産した財をなぜ不特定多数の見知らぬ他者に無料で提供するのか、その行動にはどのような合理性があるのだろうか。本稿では、財にしばしば付随するネットワーク外部性に着目して、この無料公開行動を分析する。モデルとして、ネットワーク外部性の古典的研究である Rohlfs (1974) を用いる。

1 生産者はなぜ財を無料で公開するのか？

(1) 分析の対象とする現象

本稿で分析の対象とする現象は、インターネット上で無料公開されてきた以下のようなプロジェクト群である。第1の類型は、1990年代以降出現した、不特定多数の経済主体がインターネットを介しておのこの知識を用いて貢献し協働することで情報や財をオープンな形で生産するこの創造的協力行動から生まれたプロジェクトである。これをいま Howe (2006, 2008) に倣ってクラウドソーシング (crowdsourcing) 型開発と呼ぶことにする。たとえば、リーナス・トーバルズが開発を手がけた

Linux (コンピュータ・オペレーティング・システム, 以下 OS), ラリー・ウォールによる Perl (プログラミング言語), Apache (ウェブサーバ用ソフトウェア), MySQL (データベース) などに代表されるオープンソース・ソフトウェアは, その代表的な事例である。オープンソースとは, 改変の自由を保証する代わりに, そうして生産された新たなソフトウェアもまた他者の自由な使用・改変・頒布を保証することを強制する著作権の型であり, 必ずしも無料で提供することをライセンスが規定しているわけではない。しかし多くの場合, オープンソース著作権のソフトウェアは無料で提供されている¹⁾。ジミー・ウェールズ等が創始した Wikipedia (デジタル百科事典) もクラウドソーシング型開発によって生産され, 無料で閲覧できる。

第2の類型は, 特定の開発者によって生産された財が, 自発的に無料で公開されるプロジェクト群である。我々がインターネット上のウェブサイトを見る際に必ず利用するウェブページの標準ドキュメントシステム WWW (World Wide Web) は, バナーズ・リー等が開発し, 著作権を放棄してパブリック・ドメインに置かれ無料である。家電製品などに搭載される坂村健が開発した TRON (組み込み OS) も無料で公開された。

第3の類型は, 無料公開を伴うビジネスモデル群である。Google や Yahoo などの検索エンジンサイト, ブログや Face book, Twitter などのソーシャル・ネットワーク・サービス (SNS) のアプリケーション・ソフトは無料で公開され, その後に広告収入を獲得する。Dropbox や Evernote (オンライン・ストレージ・サービス) のアプリケーション・ソフトは, 無料公開後に一部のヘビーユーザーの支払いで他の利用者を一定容量まで無料にする経費を賄うフリーミアム (freemium) と呼ばれるビジネスモデルである。

本稿は, 第1の類型であるクラウドソーシング型開発のメカニズムを説明する一連の研究の一環であるため²⁾, 第1の類型を中心にして, 第2, 第3の類型も分析の辺縁に置いて考察を進める。理解を助ける目的で, こ

ここではオープンソース・ソフトウェアの開発を想定しながら議論を進めることにする。無料公開とは、財の供給に際して生産者が金銭的な対価を取らないことを意味している。

(2) この現象に関する先行研究

オリジナルに開発された財の無料公開行動は、インターネット固有の現象ではなく、現在に始まったことでもない。経営学者ヒッペルによって、いくつかの先行事例がサーベイされている (von Hippel, 2005)。ワットの蒸気機関の特許が切れたあとの1812年にリチャード・トレヴィシックが開発した高圧蒸気機関の技術は、特許を取らず無料で公開されたためコーンウォール地方の標準仕様となった。19世紀イギリスの製鉄産業では、高炉設計上の改良に関する設計仕様や試験データの情報を、競合する企業のエンジニア同士が会合や出版物を通じて開示し合っていた。最近では、スポーツ用品や医療用分析機器のリード・ユーザーが、高度な改良技術を無料で提案・公開する行動が観察されている。ヒッペルらは「なぜ無料公開するのか」という問題について、情報の秘匿や模倣の排除は、専門家集団内部では事実上不可能であることを指摘する。ある分野に熟知した技術者間では、改良技術に関する代替的なアイデアないしは原理的な情報をおそらくは誰もが持っている。機密扱い・著作権・特許などで自らの改良技術を守ろうとしても、その多くは多様な情報源から入手可能な公然の秘密であり、専門技術者が企業間を移動することもあり、漏洩は時間の問題であることがすでに研究で明らかにされている (Allen, 1983), (Mansfield, 1985)。無料公開によって失うものが無く、むしろ開発者が個人的な利益を得るのであれば無料公開がなされるだろうと結論づけている (Harhoff, Henkel, and von Hippel, 2003)。

経済学で、クラウドソーシングの無料公開行動に焦点を絞った研究はまだあまりなされていない。ただし、オープンソース・ソフトウェア開発における協力行動と動機についての研究を確認しておこう。市川 (2005) が

これを贈与経済であるとして分析した。しかし、贈与経済では返礼は義務であるものの、オープンソース・ソフトウェアのコミュニティで返礼は義務ではなくフリーライドは問題視されないことから、想定しているメカニズムが機能するかどうかは危惧される。Lerner & Tirol (2002) は、改良の協力行動に関する研究として、自分の改良を公表すればそれは一種のシグナリング効果となり、後の就職や職業設計に有利になり高い所得を期待できるという仮説に基づく分析を行った。

しかし現実には、協力者たちはシグナリングのためにプログラミングを行うのではない。オープンソース・ソフトウェアの開発動機に関する研究では、作業自体の喜び、すなわち純粋に創造的な自己実現の欲求や、自分の技能を賞賛されたいという尊厳を求める承認の欲求、自分を本当に理解できる仲間集団に帰属したいという社会的欲求が主要な動機づけであり³⁾、金銭的利潤最大化ではなく非金銭的な動機に基づいていることが分かっている (Maurer & Scotchmer, 2006), (古川, 2008)。

上記の結果は、Linux や Wikipedia の創始者本人たちの証言からも裏付けられる。彼らは、高額な商用ソフトウェアや事典に対する反発、自由に対する理想、特に情報は自由であるべきだという反権力的な理想、ソフトを書くという孤独な作業の中で自らの高い技能とセンスを、それを評価する能力をもった仲間と共有したいという願望、できれば彼らから賞賛を得たいという承認の欲求などを共通の背景として持っていた (Torvalds & Diamond, 2001), (Himanen, 2001), (Lih, 2009)。つまりオープンソース・ソフトウェアや Wikipedia の開発は、非営利目的すなわち、①社会的に有益な財を自らの使用と同時に純粋に利他的な動機に基づき提供する、②自ら開発した財を多くの利用者に普及させプロジェクトの成功によって自分の理想を実現する、③自らの面白さを追求しつつ開発した財によって賞賛や協働を獲得するという社会的欲求を満たそうとすることを目的としていた。

(3) 情報財

上で見てきた事例には共通点がある。無料公開行動の対象となった財が「情報」であるという点である。ここで、アイデアや知識の集合である情報のみで構成されている財を情報財 (information goods) と呼ぶことにする。情報財は、たとえば文書、コンピュータ・ソフトウェア、技術仕様、音楽コンテンツ、音声、デザイン画、写真、動画、ウェブサイト、などを指す。

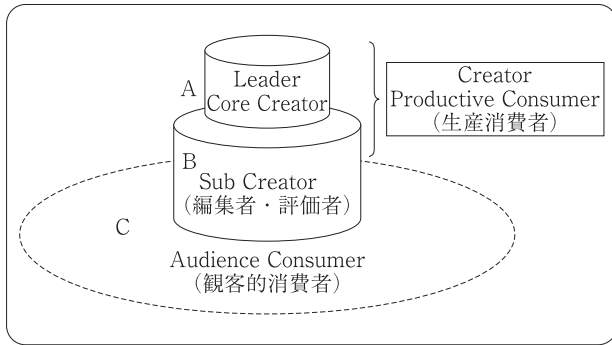
情報財には、2つの大きな特徴を指摘することができる。第1に、情報財は公共財 (public goods) である。公共財とは、消費の非競合性 (non-rivalness) と排除不可能性 (non-exclusiveness) の性質をもつ財のことを指す。たとえば、ソフトウェアを多数の利用者が同時に使っても財は減らない。かつ、情報財の複製・模倣にかかる限界費用はほぼゼロであり、利用から排除するのは技術的に困難か、監視や訴訟に備えるなど多額の費用がかかるという意味で、排除不可能性がある。

第2に、すべての情報財がそうではないが、情報財の中にはネットワーク外部性 (network externality) を有するものがある。ネットワーク外部性とは、需要サイドの特徴で、財の利用者数もしくはネットワークの規模の大小が、各利用者の便益に直接的影響を与えるような消費における技術的外部性を意味する。つまりその財を需要する人が増えれば増えるほど、その財を需要する各個人の効用が高くなる消費における規模の経済がある財である。電話通信サービス、DVDの規格などが典型的な例である。

Katz と Shapiro (1985) は、ネットワーク外部性の効果を3つの類型に整理した。すなわち、①利用者数が増加することによって財そのものから得られる直接的な便益が増加する効果、②利用者数の増加により補完財の介在を通じて間接的な便益が増加する効果、たとえば特定のDVD規格の利用者が増えればそれに適合するコンテンツが大量に出回る効果、③車などの耐久財で同じ型の利用者が増えるほど部品や取扱店の増加でアフターサービスが受けやすくなる効果である。

ネットワーク外部性についてはクラウドソーシング型で開発されるオープンソース・ソフトウェアにも言える。図1の概念を用いて整理すると、LinuxのようなOSカーネルの場合、A群の個人たとえばリーナス・トバルズのような開発者（リーダー）がインターネット上で無料公開する。何人かが興味を示し始め、人気が出て利用者が増加するOSは多くのソフトウェア開発者（コア・クリエイター：A群）の関心を惹きつけることになる。多くのB群の利用者（サブ・クリエイター）がいれば自発的な貢献によるソフトウェアの開発の協力者も増え、バグの指摘やクレームや提案を寄せる評価・編集行為が改良に貢献することになり、OSの改変速度を速め、より洗練されたOSの生産と利用が可能になる。オープンソース・ソフトウェアは、オープンソース・ソフトウェア・ライセンスに基づいて公開されるので、改変されたOSもまた公開されることがライセンスで義務づけられており、開発に直接貢献するA群のクリエイター（生産しつつ消費するという意味で生産消費者）、フリーライドしつつコメントやクレームで貢献するB群のサブ・クリエイター（同様に生産しつつ消費するという意味で生産消費者）、ソフトウェアに一方的にフリーライドするだけのC群の観客的消費者が、それぞれの水準で改良されたOSを利用することができ、各利用者の便益が上がる（ネットワーク外部性の効果①）。同時に、利用者（開発者を含む）の数が増加することによって、OSの補完財となるアプリケーション・ソフトの開発も進む。これにより共通のOSを介在させて仲間とファイルを交換する利便性も増加し、各利用者の便益が上がる（ネットワーク外部性の効果②）。このコミュニティ形成全体のメカニズムが、なぜ生起し維持可能かという興味深い問いに関する熟考は別の機会に譲るとして、本稿では「A群の生産者が、そもそもなぜ労働を投入して生産した財に関して、無料公開行動をとるのか」という点に注目する。この問いに対して、「情報財のネットワーク外部性が無料公開の誘因になる」という仮説のもとで分析を試みる。

図1 クラウドソーシング型開発コミュニティの構造



出所：筆者作成

(4) モデルの先行研究

消費における技術的外部性は、Leibenstein (1950) によってバンドワゴン効果 (bandwagon effect) という用語で指摘された。Artle と Averous (1973) の電信電話サービスへの加入問題に関する議論を受けて、Rohlfs (1974) は、バンドワゴン効果と呼ばれた現象を電話通信サービスにおける「ネットワーク外部性」として扱い、サービスの存続可能性を図るために企業がサービス開始期にとるべきプライシング戦略に関する分析を行った。Cabral, Salantそして Woroch (1999) は、ネットワーク外部性がある場合には初期の価格設定に影響を与え、新製品の価格は導入期にもっとも低いことを明らかにし、CompuServe と Prodigy (ともにパーソナル・コンピュータ通信サービス会社) のケースが理論を裏付けていることを突きとめた。こうした初期のプライシング戦略が、企業が存続するための既得基盤を形成する可能性を指摘し、Rohlfs の議論が妥当であることを確認した。

ネットワーク外部性の研究は、その後ネットワーク外部性をもつ技術が競合する寡占的競争のモデルや (Kats & Shapiro, 1985, 1986), すでに市場占有をもつ技術が新しい技術に代替されるメカニズムに関する研究 (Farrell & Saloner, 1985, 1986) に展開され、現在までに広範囲になされ

ているが、いずれもネットワーク外部性を持つ商用の財やサービスに関する議論であり利潤最大化をターゲットにした分析を取り扱っている。

先に見たように、オープンソース・ソフトウェア開発など非営利のクラウドソーシング型開発におけるリーダーやコア・クリエイターの主観的な開発動機は、金銭的利潤最大化ではない。しかし、利潤以外の目的を求めた主体の無料公開行動にも、既存の経済学モデルで説明できる普遍的かつ客観的な合理性があるのかもしれない。ここでは、オープンソース・ソフトウェアにネットワーク外部性があることに着目してこの問題を分析するため、まずは無料公開行動に関する Rohlfs の古典的モデルに遡ることにする。以下のモデルは Rohlfs (1974) に準じ、改変を加えたものである。

2 モデル

いま、社会に個人が参加可能なオープンソース・ソフトウェア・コミュニティがひとつだけあり、個人 i はそのコミュニティに参加してそこでソフトウェアを需要するかしないかを考えているとしよう。いま n 人からなる母集合があるとする。つまりこの社会には n 人が住んでいる。いま q_i をこのオープンソース・ソフトウェア・コミュニティへの参加・非参加を表す 2 進法の変数として定義する。つまり、

$$\left. \begin{array}{l} q_i=0 \quad \text{個人 } i \text{ がオープンソース・ソフトウェア・コミュニティ} \\ \quad \text{に参加しない} \\ q_i=1 \quad \text{個人 } i \text{ がオープンソース・ソフトウェア・コミュニティ} \\ \quad \text{に参加した状態} \end{array} \right\} (1)$$

ただし $i=1, \dots, n$ を表すとする。

この経済には、オープンソース・ソフトウェアの他に m 個の財が存在するとしよう。このモデルではオープンソース・ソフトウェアにネットワーク外部性があるので、他の個人がコミュニティに参加するかどうかが

個人 i の需要に影響を与える。そのため、コミュニティに参加しない、もしくは参加する個人の効用関数は、それぞれ

$$U_i^0 = U_i^0(r_{i1}, \dots, r_{im}) \quad (2)$$

$$U_i^1 = U_i^1(q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n, r_{i1}, \dots, r_{im}) \quad (3)$$

である。ただし、

U_i^0 = オープンソース・ソフトウェアのコミュニティに参加しない個人 i の効用関数、

U_i^1 = オープンソース・ソフトウェアのコミュニティに参加した個人 i の効用関数、

r_{ij} = オープンソース・ソフトウェア以外の財 j の消費である。

効用関数は単調増加であると仮定する。すなわちすべての j について

$$\frac{\partial U_i^k}{\partial r_{ij}} \geq 0 \quad (4)$$

さらに、すべての $i, k, q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n, r_{i1}, \dots, r_{im}$ について

$$U_i^0 \leq U_i^1 \quad (5)$$

つまり、個人の効用は、オープンソース・ソフトウェア・コミュニティに参加した方が高いとする。

次に、コミュニティ以外の個人 z について限界効用は非負であると仮定する。すなわち、すべての $i \neq z, q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n, r_{i1}, \dots, r_{im}$ について

$$\frac{\partial U_i^1}{\partial q_z} \geq 0 \quad (6)$$

これは、参加者の効用は他の参加者の参入によって決して下がらないことを意味する。

各個人は、それぞれの予算制約のもとで効用を最大化する。非参加者の

効用関数の最大値を \hat{U}_i^0 ，参加者の効用最大値を \hat{U}_i^1 とすると， \hat{U}_i^0 と \hat{U}_i^1 を比較することによって各個人がコミュニティに入りオープンソース・ソフトウェアを需要するかないかが分かる．つまりすべて $i=1, \dots, n$ について

$$\left. \begin{aligned} q_i^D &= 0 \text{ if } \hat{U}_i^0 > \hat{U}_i^1 \\ q_i^D &= 1 \text{ if } \hat{U}_i^0 \leq \hat{U}_i^1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

このモデルでは，オープンソース・ソフトウェア・コミュニティと他の財の市場との関係は考えず，オープンソース・ソフトウェア・コミュニティ内での関係のみを見ているので，オープンソース・ソフトウェア以外の財の価格は不変と仮定し，個々の参加者の予算制約も不変と仮定すると，需要変数は，ソフトウェアを入手する費用 c と参加者の集合の関数として導かれる．すべての $i=1, \dots, n$ について

$$q_i^D = q_i^D(c, q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n) \quad (8)$$

ただし c は，オープンソース・ソフトウェアを入手する対価として生産者に支払う直接的な費用である．実際には，その他にパーソナル・コンピュータやインターネット環境が必要であるが，財の需要者はすでにそれを日常的に利用しており限界的な費用はゼロであるため無視できることとする．需要関数 q_i^D は， c に関して単調減少関数（等号を含む）であり， q_z に関して単調増加関数（等号を含む）である．

このオープンソース・ソフトウェアにはネットワーク外部性があるので，個人がこのコミュニティに惹きつけられ参加者になるかどうかは，このコミュニティにどれくらいの参加者が集まっており，コミュニティが盛況かどうかに影響を受けるであろう．そこで，このコミュニティの参加者による均衡利用者集合を以下のように定義する．個人 i にとって，

$$q_i = q_i^D(c, q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_n) \quad (9)$$

となるような参加者の集合である。均衡利用者集合は、所与の費用 c のもとで効用最大化を実現している需要者の集合と一致している。均衡利用者集合が意味することは、均衡ではすべての参加者はソフトウェアを需要しており、非参加者は需要していない。この (9) 式は、需要サイドの主体的均衡のみを考慮した均衡の定義である。供給サイドを考慮していないが、ここでは需要サイドの性質を十分に理解することによって生産者がとらなければならない戦略を明らかにしようとしている。

(9) 式は、固定された c における、 n 個の 2 進法の変数に関する n 本の方程式のシステムである。このようなシステムは一般的に単一解を持たない。したがって

$$q = q^D \quad (10)$$

ただし

$$q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (11)$$

$$q^D = \sum_{i=1}^n q_i^D \quad (12)$$

となる (10) 式は、 c において不確定である。これが成立するかしないかは、 q を構成する参加者の集合が c に関して十分に大きいかどうか依存する。

このコミュニティの参加者は、コミュニティ内部の誰とコミュニケーションをとるかに関しては無差別であり、特定の内部グループに属してはいないとする。すなわち、インターネット上の交流の特徴である不特定多数とのコミュニケーションを仮定しよう⁴⁾。これは、クラウドソーシング型開発を A 群、B 群、C 群に分類した図 1 の説明を大幅に単純化しているが、この財のネットワーク外部性という性質に注目するために、コミュニティへの参加者の数だけが個人の需要に影響を与え、誰が参加者なのかという個別の事情には無頓着であることを想定しても問題の本質から

はずれることはない。実際 A 群の生産者になる人は B 群や C 群の参加者が成長した結果であることが多く、A 群 B 群 C 群は日常的に互いにコミュニケーションをとることがあり、各参加者の存在は、質は異なるものの同等の価値があると考える。この均一コミュニケーション・モデルは、単純ではあるが、相互依存需要に関する強い結論を導き出すことができる。

いま w_{ij} を、個人 i が個人 j が参加することで得られる効用の増分を貨幣で表したものとすると、母集団の成員全員が参加した完全普及状態に達したときに個人 i が感じるこのコミュニティの価値は、

$$w_i = \sum_{j \neq i} w_{ij} \quad (13)$$

である。 f をこの財の普及率 $\frac{q}{n}$ とするとき、個人 i が、普及率が f のときに感じる効用は fw_i で表わせる。これは普及率が高いほど個人にとってこのコミュニティから得られる効用が高いというネットワーク外部性を定式化しようとしているもので、個人がその財から得る効用は、その財を利用している他の個人が多ければ多いほど高まるという性質である。したがって個人 i が、このコミュニティに参加することから得る効用は、完成したコミュニティが与える本来の効用 w_i に、普及率 f を掛け合わせることで示すことができる。そのとき、個人 i の選択は、

$$\left. \begin{aligned} q_i^D &= 0 \text{ if } fw_i < c \\ q_i^D &= 1 \text{ if } fw_i \geq c \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

つまり、普及率 f に依存し、費用との比較で需要が決まる。

(3) 需要曲線

コミュニティに参加することの評価は個人によって異なるため、 w_i は個人によって異なる値をとるだろう。コミュニティへの参加は w_i が高い順に行われるであろうから、最初にできる均衡利用者集合は、 $w_i \geq$ 任意の k となるすべての個人 i で構成されている。つまり、任意の q につ

いて、 w_i 以上の価値を感じる q 人のメンバーを含む均衡利用者集合が一つは存在する。このように均衡利用者集合は利用者集合に含まれる人数 q で唯一に決まるので、需要曲線は、 (q, c) のペアの軌跡として、すなわち費用と均衡利用者集合の大きさの関係として定義することができる。

以下に簡単な数値例で見てみよう。母集団は十分に大きく、 w_i は 0 から 100 までの間で母集団に一樣に分布しているとすると仮定する。コミュニティには w_i が高い個人から順番に参加するであろうから、参加を考えている最後の限界的な個人 i にとっては、

$$fw_i = c \quad (15)$$

が成立しているはずである ((14) 式より)。一方で w_i は 0 から 100 までの間で母集団に一樣に分布しているのであるから、普及率が f ならば ($0 < f < 1$)、最後の個人 i の w_i は、

$$w_i = 100(1 - f) \quad (16)$$

となるであろう。これを (15) 式に代入すると、

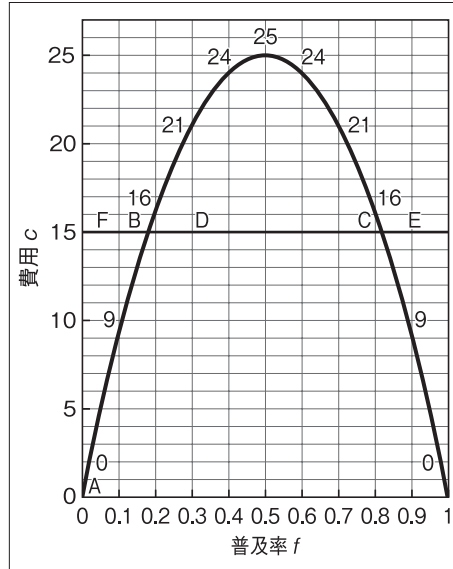
$$100f(1 - f) = c \quad (17)$$

となる。したがって需要曲線は、(17) 式を満足する点の軌跡となる。

図 2 は、このケースの需要曲線を示している。横軸に普及率 f 、縦軸に費用 c をとり、原点 $(0, 0)$ と $(0, 1)$ の間で極大点 $(0.5, 25)$ をとる放物線を描く。

費用が $0 < c < 25$ の範囲で、均衡点は 3 つ存在する。 $f=0$ のときの A、放物線の右上がり部分に存在する点 B、右下がり部分の点 C である。ネットワーク外部性が存在する場合の典型的結論は、どんな所与の価格においても複数の均衡点が存在することである。実際にどの均衡が実現するか

図2 均一コミュニケーション・モデルの需要曲線



は、初期の不均衡状態と不均衡の調整過程に依存する。

(4) 不均衡状態からの分析

そこでこの不均衡の調整過程を見てみよう。ここでは、ある c が与えられたときの市場の需要サイドだけに焦点を当てている。

まず、初期に図2の放物線の内側下方の不均衡点Dにいると仮定する。普及率は0.3で、限界効用=21は、実際の $c=15$ よりも高い。すでに参加しているすべての利用者は満足し、参加していない非利用者も利用したいと思うかもしれない。もし c が不変のままならば、普及率は最終的にはCまで増加するだろう。もし初期条件が均衡点Bに対応する普及率よりもわずかに高いところから始めれば、参加することから得られる効用が費用を上回るため、コミュニティに参加する個人は増加し続け、したがって f は上昇しCに至ることになる。

もし初期に不均衡点Eにいると仮定しよう。普及率0.9において、 $c=$

15 は限界効用=9 を上回る．すると f は C まで後退する．

もし初期に不均衡点 F にいると仮定しよう．普及率 0.1 において，実際の $c=15$ は限界効用=9 を上回る．すると f は減少する． f が減少するので，実際の c と限界効用とのずれは，市場が $f=0$ となる均衡 A に到達するまで増大する．つまり普及率は 0 で安定均衡に落ち着く．したがって A 点と C 点は安定的な均衡であり， B 点是不安定である．

最後に，いま初期に均衡点 A にいるとする．いま述べたように，すべての $c>0$ において，ゼロ集合 $f=0$ は均衡利用者集合の一つであり安定的である．このコミュニティの価値は，他の参加者の数に依存するので $f=0$ のときには価値が無い．プロジェクト開始時にほんの少しでも費用が請求されれば，参加者が誰もいないコミュニティに参加する個人はいない．つまり，実際の $c>0$ であれば限界効用=0の方が低いため， $f=0$ の安定均衡から動くことはない．

ここで注目すべきことは， C 点の方が多くの個人の効用を満足させる社会的にも望ましい均衡であるにも関わらず， A 点の均衡が成立すればそこから抜け出すことはできなくなるということである．ここを脱するためには， $c=0$ であると同時に，なんらかの別の措置をとる必要がある．

一般に，図 2 における放物線の右下がりの傾斜部分では，均衡は安定的である．放物線の右上がりの部分では均衡は不安定となる．放物線の右上がりの部分は，この財のクリティカル・マスが存在する可能性の範囲と見なすことができる．クリティカル・マスとは，そこまで利用者が増えれば各自の効用最大化行動にしたがってあとは自動的に利用者が増大する最低利用者数を指す⁵⁾．上記の不均衡分析で示せば，一番目に検討した費用 c のもとでの B 点をわずかに超えた f である．放物線の左側で極大値より低い費用 c を徴収する場合，コミュニティがひとりでに拡大していくためには，普及率がクリティカル・マスを越えるまでコミュニティは初期の不均衡状態にさらされることになる．ネットワーク外部性がある財（こ

ここではオープンソース・ソフトウェア）が利用されコミュニティが存続可能になるためには、初期段階で、すなわちクリティカル・マスまでの参加者をどう確保するかが決定的に重要である。

3 考察と結論

上記の分析から分かるように、ネットワーク外部性がある財の場合、個人の需要が他の参加者の数に依存するため、たとえそれが社会的に有用な財であり存立可能な有望なものであっても、プロジェクトの立ち上げ期に十分な参加者を獲得できない場合には普及に失敗することがある。コミュニティの安定的な存続と発展の基盤を獲得するには、いち早くクリティカル・マスにたどり着く必要がある。

本稿で分析の対象にしたオープンソース・ソフトウェア開発（やWWWやTRON）の非営利的行為、つまり①社会的に有益な財を自らの使用と同時に純粋に利他的な動機に基づき提供する行為、②自ら開発した財を多くの利用者に普及させプロジェクトの成功によって自分の理想を実現する行為、③自らの面白さを追求しつつ開発した財によって賞賛や協働を獲得するという社会的欲求を満たそうとする行為の場合でもそのプロジェクトへの参加者がクリティカル・マスを越えるまでは、ネットワーク外部性が効いて、プロジェクトの成功が確実なものにはならない。クリティカル・マスに到達するという目的のためには、無料公開、すなわち $c=0$ は、最も合理的な行動になる。

それは、電話サービスのように公共的な有料サービスを普及させる企業や、市場占有率を獲得した後に販売価格を引き上げ、独占的な利潤を獲得し利潤最大化行動をとる従来の企業の場合と同様の結果になる。さらに、インターネット上での利潤追求型ビジネスモデル、すなわち市場占有率を高めた上で広告収入を得る（Googleやブログ、Twitterなど）、もしくは無料で情報財を提供しさらに高度な機能について料金を課すことで収益を

上げ、一部の利用者の支払いで他の利用者を無料にする経費を賄うフリーミアム (freemium) と呼ばれるビジネスモデル (Dropbox や Evernote) など、利用者の数が決定的に重要な営利サービスとも同様の帰結になる⁶⁾。

ただし、プロジェクトが持続的に拡大し成功するために、無料公開行動は必要条件であり必要十分条件ではない。実際に、クラウドソーシング型プロジェクトの立ち上げ後に、無料公開をしても順調なコミュニティの拡大を見ることなく消えていく事例は多い。

有料の財・サービスの場合には、Rohlf's (1974) が主張したように、クリティカル・マスに到達するまでの初期のプライシング戦略として、①一定期間、特定のグループに無料で使用を可能にすることで利用者を一気に獲得する、②十分に低い価格を設定する、③特定の利益集団にまとまった数の契約を強制する、が有効である。しかし、オープンソース・ソフトウェアや Wikipedia のような、金銭的インセンティブが新たな参加者に対して効果を持たず、強制も効かず、しかも情報財の生産に自発的に協力をしてもらう場合には、効果が期待できない。つまり、将来価格が引上げられることを予想して早めに参加することを促す上記①や②の措置は効果をもたない。③もオープンソース・コミュニティの「自発性」という性質からして通常はみられない⁷⁾。したがって初期に十分な数の参加者を獲得するためには別の要素が必要となってくる。成功したプロジェクトに共通してみられる条件は、リーダーの人格、コミュニティのマネージングの巧みさ、コミュニティの理想の高さなどである。金銭的インセンティブが効果を持たない参加者の母集団に対して、無料公開後の協力がなぜ得られるのか、それはまだ経済学的に説明ができない現象である。

おわりに

本稿では、多大な労働を投入して開発された情報財が、ネット上で不特定多数の人々に無料で公開されるのはなぜかということを解明してきた。

ネットワーク外部性があれば、個人の需要はその財を利用する他の個人の数に依存するため、コミュニティの拡大と財の普及が各利用者の効用最大化のメカニズムによってひとりでの発展を始める最低利用者数、すなわちクリティカル・マスに到達するまで普及率を獲得するためには、その財・サービスを無料で公開することが最適な戦略となる。ネットワーク外部性があると、たとえ社会的に有益な財やサービスであっても、初期に十分な利用者を惹きつけられなかったプロジェクトのコミュニティは、しばしば解散に追い込まれる。したがって、無料公開によりクリティカル・マスに到達することはコミュニティが安定的に拡大していくための必要条件である。ここで見てきた非営利での利他的配布・理想の達成・賞賛と共感への願望を動機とする供給行動でも、有料かつ営利目的の供給行動でも、ネットワーク外部性のある財で参加者数を初期に十分大きくするという目的を達成するためには、無料公開がともに最適な行動になる。

ただし、無料公開という必要条件を満たした後のプロジェクト拡大を確実にする十分条件を満たす手段は、営利と非営利では異なってくる。オープンソース・ソフトウェア・コミュニティのように、金銭的インセンティブや外部からの強制が効果を持たない利用者が自ら進んで情報財の生産にも協力するような非営利の場合には、営利目的の財で有効な一定期間の無料配布や強制加入などの戦略で参加者・協力者を増加させることができず、コミュニティの質など非金銭的な要素が成功の要素になっていることを、事例から観察することができる。

金銭的インセンティブや外部からの強制が効果を持たない参加者の母集団に対して、無料公開後の協力がなぜ得られるのか、つまり「なぜ人々は無償で協力するのか」のメカニズムの経済理論的解明は今後の課題である。

参考文献

【洋文献】

Allen (1983), "Collective Invention," *Journal of Economic Behavior and*

- Organization*, vol. 4, no. 1, pp. 1-24.
- Anderson, Chris (2009), *FREE: The Future of Radical Price*, New York, NY : Hyperion. 小林弘人監修, 高橋則明訳『FREE』NHK 出版, 2009.
- Artle, R and C. Averous (1973), “The Telephone System as a Public Good: Static and Dynamic Aspects,” *The Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 5, no. 1, pp. 16-37.
- Ball, Philip (2004), *Critical Mass*, New York, NY : Farrar, Straus and Giroux.
- Cabral, Luis M.B., David J.Salant, and Glenn A.Woroch (1999), “Monopoly Pricing with Network Externalities,” *International Journal of Industrial Organization*, 17, pp. 199-214.
- Farrell, J & G. Saloner (1985), “Standardization, Compatibility, and Innovation,” *Rand Journal of Economics*, vol. 16, no. 1, pp. 70-83.
- (1986), “Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Preannouncements, and Predation,” *American Economic Review*, vol. 76, no. 5, pp. 940-955.
- Himanen, Pekka, Linus Tovalds & Manuel Castells (2001), *The Hacker Ethics and the Spirit of the Information Age*, New York, NY : Random House. 安原和見・山形浩生訳『リナックスの革命 ハッカー倫理とネット社会の精神』河出書房新社 2001.
- Harhoff, Henkel, and von Hippel (2003), “Profiting from Voluntary Information Spillover: How Users Benefit by Freely Revealing Their Innovations,” *Research Policy*, vol. 23, no.10, pp. 1753-1769.
- Howe, Jeff (2006), “The Rise of Crwodsourcing,” *Wired*, Issue 14.06. <http://www.wired.com/wired/archive/14.06/crowds_pr.html>, (2010年3月10日 採取).
- (2008), *Crowdsourcing: Why the Power of the Crowd is Driving the Future of Business*, New York, NY: Brockman. 中島由華訳『クラウドソーシング』早川書房, 2009.
- Kats Michael L., and Carl Shapiro (1985), “Network Externalities, Competition, and Compatibility,” *American Economic Review*, vol. 75, no. 3, pp.240-440.
- (1986), “Technology Adoption in the Presence of Network Externality,” *Journal of Political Economy*, vol. 94, no. 4, pp. 822-841.
- Leibenstein, H (1950), “Bandwagon Snob, and Veblen Effect in the Theory of Consumers’ Demand,” *Quarterly Journal of Economics*, 64, pp. 1-37.
- Lerner, Josh &, Jean Tirole (2002), “Some Simple Economics of Open Source,”

- Journal of Industrial Economics*, vol. 50, no. 2, pp. 197–234.
- , Parag A. Pathak and Jean Tirole (2006), “The Dynamics of Open-Source Contributors, *The American Economic Review*, vol. 96, no. 2, pp. 114–118.
- Lih (2009), *The Wikipedia Revolution: How a Bunch of Nobodies Created the World’s Greatest Encyclopedia*, New York NY: Hyperion.
- Mansfield (1985), “How Rapidly Does New Industrial Technology Leak Out? *Journal of Industrial Economics*, no. 34, pp. 217–223.
- Maurer, Stephen & Suzanne Scotchmer (2006), “Open Source Software ; The New IP Paradigm,” in *Handbook of Economics an Information Systems*, ed. T. Hendershott, pp. 285–319. Amsterdam: Elsevier.
- Maslow, Abraham H. (1970), *Motivation and Personality 2nd, Ed.* New York, NY: Harper & Row, Publishers. 小口忠彦訳『人間性の心理学』産業能率大学出版会, 1987.
- Moor, Geoffrey, A. (1991, 1999), *Crossing the Chasm: Revised*, New York, NY: Harper Business.
- Raymond, Eric S. (1998), *The Cathedral and the Bazaar*, <<http://sagan.earthspace.net/~esr/writings/cathedral-bazaar/>>. 山形浩生訳『伽藍とバザール』, 1998. <<http://www.tlwg.jp/docs/cathedral-bazaar/cathedral-paper-jp.html>>. 山形浩生訳『伽藍とバザール』光芒社所収, 1999.
- Rogers, Everett (1962), *Diffusion of Innovations*, New York, NY: The Free Press.
- Rohlf, Jeffrey (1974), “A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service,” *The Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 5, no. 1, pp. 16–37.
- Scotchmer, Suzanne (2010), “Openness, Open Source, and the Veil of Ignorance,” *American Economic Review*, vol. 100, no. 2, pp. 165–171.
- Squire, L (1973), “Some Aspects of Optimal Pricing for Telecommunications,” *The Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 4, no. 2, pp. 515–525.
- Torvalds, Linus & David Diamond (2001), *JUST FOR FUN: The Story of An Accidental Revolutionary*, Cardiff-by-the Sea, CA : Waterside Productions. 風見潤訳『それが僕には楽しかったから』小学館プロダクション, 2001.
- von Hippel, Eric (2005), *Democratizing Innovation*, Cambridge, MA : The MIT Press. サイコムインターナショナル監訳『民主化するイノベーションの時代 メーカー主導からの脱皮』ファーストプレス, 2006.

Wiseman, Alan, E. (2002), *The Internet Economy: Access, Taxes, and Market Structure*, Washington DC: The Brookings Institution Press. 大村達弥他訳『インターネット・エコノミー』日本評論社, 2002.

【邦文献】

依田高典 (2001)『ネットワーク・エコノミクス』日本評論社.

市川哲郎 (2005)「オープンソースソフトウェアの経済分析」『駿河台経済論集』第15巻, 第1号, pp. 85-107.

林敏彦・松浦克己編 (1992)『テレコミュニケーションの経済学』東洋経済新報社.

古川純子 (2008)「オープンソースの開発動機と意識の階梯」『共立女子大学文芸学部紀要』no. 54, pp. 13-42.

——— (2010)「クラウドソーシングのメカニズム 知識経済における公共財供給の自発的貢献」『聖心女子大学論叢』no. 115, pp. 63-101.

注

- 1) 例外はレッドハット社のようなケースである。オープンソース・ソフトウェアには商用ソフトのような分かりやすい解説や使用書などが添付されていないため、ソフトウェアの操作に未習熟な利用者のために、程よく加工した製品を有料で販売し成功しているケースである。
- 2) クラウドソーシング型開発は、Raymond (1998) が最初にオープンソース・ソフトウェアの開発プロセスを「バザール型」の特異な開発形態であるとして分析した。この不特定多数の経済主体がインターネットを介しておおのの知識を用いて貢献し協働することで情報や財をオープンな形で生産するこの創造的協力行動に対して数々の名称が生まれ、現在までに多様な事例が展開されている。詳細および概念の整理については、古川 (2010) を参照のこと。
- 3) ここでの欲求概念は、マズローの「人間の欲求の5段階」に準ずる。すなわち低次のものから順に、生理的欲求、安全欲求、愛・愛情・所属など社会的欲求、承認の欲求、自己実現の欲求である (Maslow, 1970)。
- 4) この仮定は Artle and Averous (1973), Squire (1973), Rohlfs (1974) の均一通話モデル (the uniform calling model) と同一のものである。インターネット上では不特定・未知数とのコミュニケーションが起り得るため、電話通信の場合以上に妥当性が高い。
- 5) クリティカル・マスは、1962年に米国の社会学者である Everett Rogers (1962) が初めて提唱した。Rohlf (1974) もモデルにこの概念を採用した。最近では Moor (1991, 1999) がIT製品の初期立ち上げでしばしば直面する普及率鈍化を「キャズム」と呼び、この問題を取り上げている。
- 6) ウェブ上では、95%が無料の利用者であっても、5%が有料の利用者であれば

ビジネスが成立する。限界費用がきわめて低いためである。このためフリーミアムでも、まずは無料の利用者数を獲得すれことが求められる。無料の利用者の増加は有料の利用者が生まれる母集団の拡大を意味する。

- 7) ただし、個人は強制的もしくは無意識に参加している場合がある。非営利的もしくは自発的に（協働）生産され無料公開された情報財が、デファクト・スタンダードとして確立した後に公式な標準規格として採用される場合である。WWW, TCP/IP（ネットワーク接続プロトコル）、Apacheなどがその例である。本稿ではデファクト・スタンダードとして確立されるまでの状況を議論している。